

- imprecisione dei dati sperimentali, derivanti da errori di misura o dall'uso di apparecchiature inadatte;
- differenze fra lo schema di calcolo e l'effettivo fenomeno fisico.

Sul primo gruppo di fattori non è questa la sede per soffermarsi: basterà ricordare che le misure sulle dighe sono di esecuzione molto delicata e presentano numerose incertezze e difficoltà. Quanto ai fattori del secondo gruppo, nel caso esaminato dall'Autore sono state fatte alcune ipotesi (omogeneità della diga, valore di E costante) che rappresentano solo delle grossolane approssimazioni e di cui è difficile valutare l'influenza.

Ulteriori applicazioni del procedimento, in cui si cerchi di mantenere più aderenti alla realtà le varie schematizzazioni, permetteranno di trarre conclusioni precise circa l'attendibilità delle ipotesi di base e degli sviluppi di calcolo.

(Carlo Viggiani)

Bibliografia

- [1] LEVI M.: *Sur la légitimité de la règle dite du trapèze dans l'étude de la résistance des barrages en maçonnerie*, Com. Ren. Ac. Sci., Paris, 1898.
- [2] MARGUERRE K.: *Druckverteilung durch eine elastische Schicht*, Beton und Eisen, 1919.
- [3] EGGENBERGER W.: *La diga di Goeschenenalp. Il progetto*, Geotecnica, 1957.
- [4] ZELLER J.: *La diga di Goeschenenalp. Questioni geotecniche*, Geotecnica, 1957.
- [5] SCHNITZER G.: *Digues en terre ou en enrochement*, Cours d'eau et energie, 1961.
- [6] BRINCH HANSEN-LUNDGREN: *Hauptprobleme der Bodenmechanik*, Springer Verlag, 1960.
- [7] DE WET T. A.: *The Use of the Energy Concept in Soil Mechanics*, Proc. V Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Paris, 1961.
- [8] YAMAGUCHI H.: *Strain Increments and Volume Change in the Plastic flow of a Granular Material*, Proc. V Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Paris, 1961.

Il terreno di fondazione e le carte sismiche delle aree urbane

C. F. RICHTER, « *City areas* », in « *Seismic Regionalization* », Bull. of the Seism. Society of America, **49**, n. 2, pp. 155-58, 1959.

Da noi il problema, quale qui è esposto, nel settore tecnico-legale non si pone neanche. Ciò non significa che non esista: lo si ignora o, forse, implicitamente lo si immagina risolto dagli elenchi dei comuni dichiarati di prima o di seconda categoria sismica, seguendo i criteri ai quali chi scrive ha fatto cenno in alcune pubblicazioni.

La carta sismica di Mario BARATTA del 1934 (1936) che costituisce indubbiamente un elaborato e coscienzioso tentativo di regionalizzazione in piccola scala (1 : 1.250.000) del territorio italiano non risulta stata esaminata per stabilire se essa possa o debba

avere peso agli effetti della legislazione « antisismica » italiana.

Per segnalare quanto, invece, urgente, difficile e delicato si presenti questo problema tecnico-economico si riassume qui la trattazione dell'argomento svolta nel 1959 da C. F. RICHTER ⁽¹⁾, indiscussa autorità in materia.

RICHTER nella sua nota sulla *regionalizzazione sismica* osserva, in linea generale, che l'esecuzione della carta sismica (a grande scala, microregionalizzazioni) di una grande città presenta problemi speciali dipendenti dai dettagli del terreno. Dove queste esistono, le zone di collina e, comunque, più elevate, per le quali il rischio sismico è generalmente minore, sono occupate di regola da case d'abitazione e da negozi. I centri d'affari, le zone industriali e, naturalmente, i porti con le loro attrezzature sono generalmente situati nelle parti più basse che possono essere sabbiose, alluvionali in genere ed anche paludose; queste stesse parti più basse sono anche spesso occupate da quartieri residenziali ormai vetusti e da numerose vecchie strutture che costituiscono delle trappole per gli incendi, le malattie ed i terremoti.

Aree di riperti artificiali che hanno riempito vecchi stagni, pubbliche discariche o aree che provengono dalla sistemazione con spianamento di terreni accidentati sono specialmente pericolose, perchè difficili a scoprire senza un esame accurato delle informazioni sul passato.

L'A. descrive alcune città americane che conosce personalmente o per le quali ha potuto disporre di documenti validi ed illustra anche quelle città la cui situazione geografica richiede speciale attenzione.

Riportiamo qui di seguito le considerazioni del RICHTER per le seguenti città: Boston, Buffalo, New York C., Charleston, Washington, Chicago, Kansas C., Tulsa, Seattle, Portland, Los Angeles, Riverside, S. Diego, S. Francisco.

Per New York, Chicago, Boston, New Orleans, S. Francisco e Los Angeles (e California in genere) sembra utile riportare anche alcune notizie relative ai terreni di fondazione riassunte nel 1957 da J. D. KRYNINE e W. JUDD ⁽²⁾.

Per le carte geologico-tecniche in grande scala (1 : 24.000) di alcune aree urbane degli USA, vedi nella rubrica « *Geologia Tecnica* » del *Giornale del Genio Civile* (A. **102**, fasc. 4, p. 273, § V; 1964).

Boston. - Secondo KRYNINE e JUDD, nello spesso deposito di argilla bleu di Boston sono state effettuate fondazioni di due tipi: le fondazioni dell'edificio della « *New England Mutual Life Insurance Company* » sono state progettate come una scatola in cemento armato posta sulla crosta del deposito d'argilla bleu; un altro edificio monumentale nella stessa località (il « *John Hancock Mutual Life Insurance Building* ») è sostenuto da pali ad H affondati attraverso l'argilla sino al sottostante strato duro (hardpan) e alla roccia (vedi anche Chicago).

Per questa città, che fornisce un esempio delle difficoltà offerte dai dislivelli e dal carattere dei

⁽¹⁾ Vedi rec. in G.G.C. **102**, 1964.

⁽²⁾ *Principles of Engineering Geology and Geotechnics* (pp. 463-500), Ed. Mc Graw Hill Book, New York, 1957.

terreni, RICHTER riferisce che i criteri adottati nel cartografare le caratteristiche sismiche delle relative aree sono i seguenti. Il terremoto del 1755 ed altri minori non lasciano dubbi sulla probabilità che si verificano terremoti del grado VII MM (scala MERCALLI modificata nel 1931) anche su terreno buono. Sarebbe difficile dire se i sedimenti del Paleozoico delle colline sono sufficientemente consolidati per poter assumere il grado VI; d'altra parte, non v'è quasi dubbio che il grado VII possa verificarsi nei quartieri bassi. Dato che tre secoli di informazioni imperfette non permettono di definire il massimo grado possibile, è stato adottato il grado VIII, con qualche eccezione localizzata nell'uno o nell'altro senso.

Buffalo. - Questa città è situata proprio all'orlo occidentale dell'area alla quale è stato attribuito un alto rischio in considerazione dei grandi terremoti possibili sulla fossa del S. Lorenzo. Attica, il centro dei danni nel 1929, è abbastanza vicina a Buffalo per suggerire la possibilità quivi di danni seri causati da un terremoto più importante con centro ivi o più ad ovest. Però le strutture moderne su roccia sana nella zona di Buffalo potrebbero essere ragionevolmente progettate, basandosi sul grado VIII invece del IX. Un rischio massimo sarebbe da considerare per strutture con fondazioni su terreni non consolidati, in particolare su riporti o su terreni sistemati a gradoni.

New York City. - Sui terreni e problemi di fondazione di New York, KRYNINE e JUDD notano che il quartiere centrale (downtown) di New York City si trova sull'isola di Manhattan, un massiccio lapideo (gneiss e altri « scisti di Manhattan ») circondato da vecchi canyons, profondi sino a 90 m e riempiti da depositi glaciali (ghiaia, sabbia, argilla e, di maggior interesse, dal caratteristico silt organico). L'area della Greater New York è cinta al Sud da una morena terminale. La base lapidea nella downtown è profonda e coperta da uno spesso strato di materiale clastico di trasporto (drift), ma gradualmente si eleva verso Nord e, infine, affiora. Il manufatto rappresentativo della zona del drift profondo è l'edificio della *Woolworth*, fondato su lunghi pali. L'« *Empire State Building* », che ha 85 piani ed è alto oltre 375 m, è costruito nella regione del drift poco profondo; i suoi pilastri sono posti su grandi blocchi di calcestrutto che poggiano sulla superficie della roccia. Altri edifici del Manhattan Island sono sostenuti da pali, ottenuti con grandi tubi aperti e poi riempiti con calcestrutto e da numerosi « caissons ».

Secondo RICHTER, tale città dovrebbe essere studiata nei particolari dal punto di vista della esecuzione di una carta sismica a grande scala. Rientra nell'area di grado VIII probabile — su suolo tipo medio — considerando un grande terremoto sul San Lorenzo; la scossa del 1884 conferma la presenza di un centro sismico locale, probabilmente nel mare, che potrebbe anche produrre un terremoto di intensità VIII. Le fondazioni su roccia solida nell'isola di Manhattan giustificano probabilmente la classifica inferiore locale; ma un valore di VI potrebbe essere assunto solo dopo studio locale.

I danni provocati a Long Island nel 1884 indicano che all'area quaternaria compete il grado VIII, con probabili piccole localizzazioni di IX.

Qui RICHTER ritorna sul problema del comportamento degli edifici alti quando si verificano terremoti di origine non vicina. In tali circostanze gli effetti della lenta oscillazione hanno provocato danni minori, ma molto costosi, agli edifici più alti di Los Angeles, i quali, però, erano stati progettati con minor cura delle « torri » di New York. Per questi grattacieli la necessità di prevedere una considerevole inflessione sotto la spinta del vento si è tradotta in una progettazione che non teme l'eventuale ripetersi di un terremoto tipo quello del 1663; un tale terremoto, per es., non provocherebbe danni strutturali, ma gli abitanti ne soffrirebbero disturbo e gli interni sarebbero sconvolti. I componenti valutano che gli effetti probabili dell'oscillazione orizzontale del suolo avrebbero periodi da 5 a 10 secondi ed ampiezze sino a circa 5 pollici; il che corrisponderebbe, sec. l'A., ad accelerazioni massime di soltanto 1 piede/sec² circa.

Charleston (Carolina del Sud). - I problemi della cartografia sismica in grande scala che derivano dal terremoto del 1886 sono meno difficili, se si considera la sola città e non la regione circostante e specialmente quella occidentale. Uno studio molto accurato lasciò pochi dubbi sulla dipendenza degli effetti distruttivi a Charleston dal suolo e dalla qualità delle costruzioni. Il grado massimo IX si applica con ragione ai suoli peggiori ed in particolare ai suoli meno consolidati verso Summerville, che era stata interpretata zona epicentrale a causa dei forti effetti ivi osservati. L'A. non ritiene da applicare (agli effetti della regionalizzazione) intensità superiori a quelle del 1886, specie perchè non si può riconoscere l'origine probabile del terremoto distante che fu capace di fare risentire un'intensità di IX a Charleston. L'A. ritiene che per molti particolari si può procedere ad una microregionalizzazione della città, utilizzando semplicemente i dati di DUTTON e FREEMAN.

Washington, D. C. - La carta sismica in piccola scala fa entrare Washington nell'area generale di grado VIII connessa alla sismicità degli Appalachi. Si dispone di poche informazioni su scosse risentite nella città, ma in considerazione del carattere del suolo, sarebbe ingannare se si assumesse per la città, un grado più basso. Sarebbe augurabile, sec. l'A., basarsi sui massimi probabili per intervalli di tempo molto lunghi.

Chicago. - Per questa città KRYNINE e JUDD notano che l'area del centro (area Loop) una volta si trovava sotto le acque di un grande lago glaciale, di cui resta l'attuale Lake Michigan. Essenzialmente il terreno consiste di argilla grigio-bluastro che poggia sull'hardpan⁽³⁾ glaciale e sul calcare (Niagariano).

(³) Hardpan è un materiale duro — a base essenzialmente di argilla con cemento relativamente « insolubile » — che non si plasticizza in presenza di acqua, arresta le acque e le radici e si deve abbattere con mine (è, cioè, in sostanza una « roccia da mine »).

Depositi simili (ma non identici) si trovano a Boston, Detroit ed a Winnipeg, Canada. L'area di quest'ultima città è una parte del fondo dello scomparso lago glaciale Agassiz. In alcune regioni glaciali i depositi di argilla sono coperti da una crosta dello spessore di circa 1,50 m, formatasi con il suo essiccamento. A Chicago, soprattutto, questa crosta è in grado di sostenere le strutture leggere, ma cede sotto il peso di strutture pesanti come, ad es. avvenne nel 1898 all'Auditorium.

C. F. RICHTER rileva che Chicago rientra nell'area di grado VIII MM vicino ai Grandi Laghi ed è abbastanza prossima alla parte occidentale della fossa del San Lorenzo per far prevedere gli eventuali effetti di un gran terremoto su alti edifici. Le condizioni del suolo non sono delle migliori; non conviene, perciò, modificare l'attribuzione al grado VIII.

Kansans City. - Questo centro è soggetto a forti scosse provocate dai terremoti del Missouri sud-orientale, benchè nella carta non rientri nell'area di grado IX. Il grado VIII può anche essere ridotto a VII là dove i terreni del Paleozoico sono particolarmente « sani »; qualsiasi area di riporti e colmate o alluvionale dovrebbe essere classificata di grado IX.

Tulsa. - Questa città è compresa fra l'area classificata VIII sulle basi dei terremoti del Missouri e la locale fascia di epicentri che passa attraverso l'Oklahoma. Un terremoto più forte ed avente origine nello stesso punto della scossa dell'Oklahoma nel 1952 provocherebbe danni a tutte le strutture di Tulsa, che di regola non sono in buono stato. I problemi delle fondazioni sono simili a quelli di Kansas C. Edifici alti potrebbero essere seriamente danneggiati da un grande terremoto distante.

Seattle. - La città ricade in un'area riconosciuta di sismicità apprezzabile in considerazione delle sue condizioni geologiche ed in seguito ai piccoli terremoti verificatisi molto prima della scossa distruttiva del 1949. Gli effetti di allora non giustificano, però, l'attribuzione di un rischio alto anche a suoli e costruzioni di tipo medio: le strutture danneggiate erano, infatti, generalmente vecchie, mal progettate e costruite da una mano d'opera non qualificata. A ciò si aggiunga che, come riferisce l'« *United States Earthquakes 1949* » il grado VIII fu osservato « principalmente nei terreni molli e nei quali la falda freatica era alta ».

Seattle costituisce un'eccezione parziale alle costatazioni generali relative alle aree residenziali in collina. Il terreno delle colline di Seattle, costituito principalmente da materiale di terrazze del Quaternario, ha la tendenza a frenare sotto l'azione di piogge forti; tale tendenza si accentua colle scosse sismiche. Purtroppo abitazioni e strade sono state costruite sui pendii ripidi in questo tipo di terreni. Alcune strutture furono danneggiate dalle frane avvenute immediatamente dopo il terremoto del 1949, altre in seguito a movimenti successivi che probabilmente ebbero origine col terremoto.

Portland (Oregon). - La città è situata nell'estensione meridionale della depressione tettonica di Puget Sound. L'attività sismica è confermata da numerosi piccoli terremoti fra cui quello del 1953. Le condizioni del suolo sono in generale simili a quelle di Seattle.

California in genere. - Allo spiccato carattere sismico di questo Stato dell'America del Nord — connesso evidentemente alla tipica attività persistente delle numerose faglie addensate in una fascia, piuttosto larga, ma eccezionalmente lunga che circonda il Pacifico e sulla quale fervono le indagini e gli studi geofisici, geologici e tecnici — RICHTER dedica un'ampia trattazione (pp. 132-149). Egli esamina: il bacino di Los Angeles con le sue faglie, storia sismica, geologia e regionalizzazione; California in genere con la storia sismica, la geologia e la regionalizzazione sia in piccola scala, che nei fogli (quadrangles) a grande scala.

Secondo KRYNINE e JUDD, sia il territorio di S. Francisco, che quello di Los Angeles sono soggetti a frane. Non sono insoliti i terreni rigonfianti e, fra questi, in modo particolare l'argilla per laterizi detta « adobe ».

Los Angeles. - Secondo KRYNINE e JUDD, la Greater Los Angeles ricade nei bacini dei tre fiumi che sboccano nell'Oceano Pacifico: Santa Ana, San Gabriel e Los Angeles Rivers. Le caratteristiche fisiografiche dell'area sono variabili, così pure le proprietà dei terreni di fondazione. I depositi di sabbia variano dal « compatto » allo « sciolto » e spesso sono variati. Le argille vanno dall'adobe nero ai tipi caolinici. Il granito decomposto, noto localmente come « DG », se reso ben compatto (ben compattato, well-compacted), costituisce un eccellente materiale di fondazione. Ad eccezione di qualche accumulo locale di acqua, la falda freatica della città è bassa, il che spiega il largo uso di « belled caissons ». In molti punti dell'area, scarpate praticamente verticali possono restare senza sostegno sino ad altezze sorprendenti e, di regola, i sondaggi possono eseguirsi senza fango. La città deve proteggersi dai detriti che provengono dai pendii, soggetti ad erosione, delle catene montuose adiacenti (per la maggior parte delle San Gabriel Mountains). Un gruppo di dighe, con serbatoi puliti periodicamente, serve ad arrestare il movimento dei detriti.

RICHTER rileva che Los Angeles si stende in forma irregolare a nord-ovest su un'area, con il quartiere commerciale centrale, vicino al centro del vecchio pueblo, su terrazza quaternaria e alluvioni. Il centro industriale fa seguito a sud e sud-est là dove si estende molto il terreno alluvionale presso il letto del fiume Los Angeles. I numerosi centri d'affari, alcuni dei quali erano prima cittadine distinte, trovano per la maggior parte terreni di fondazione di questo tipo. Le attribuzioni vanno dal VII al IX grado. Sino a poco tempo fa l'altezza degli edifici era limitata a 13 piani. In origine questa misura non mirava ad assicurare una garanzia antisismica, ma ad impedire un'ulteriore congestione del traffico nelle strade strette. Un'eccezione fu fatta per la torre

di City Hall. Il limite è adesso portato a 20 piani. RICHTER ritiene che questa decisione è stata presa senza matura riflessione, considerando i danni causati alle strutture più alte (allora esistenti) dal terremoto del 1952 e le informazioni su movimenti più imponenti nel 1857. Vero è che presumibilmente ogni nuova struttura alta è abbastanza bene progettata e disegnata, ma dovrebbe essere sottoposta a prove più severe di quelle per gli alti edifici di New York.

Riverside. - La città offre un esempio del problema estremamente complesso dell'esecuzione di carte sismiche a grande scala. L'autore ricorda che alcune zone residenziali della città sono in collina su solida roccia granitica. Una stazione ausiliare della rete sismologica della California meridionale è situata su questo granito. Essa ha indicato ampiezze relativamente basse per i terremoti registrati in paragone di quelle su granito a Pasadena, il che giustifica l'assegnazione del grado VII a queste colline. D'altra parte, il centro in piano di Riverside, ed una zona della città a sud e sud-est si trovano su alluvioni o terrazze; se si considera la vicinanza alle faglie attive e alle colline granitiche nei pressi delle quali il movimento può essere accentuato, si giustifica l'assunzione del grado IX. Le Società assicuratrici che operano a Riverside dovrebbero considerare anche la vetustà e la mancanza di solidità di alcune delle strutture adesso utilizzate per uffici.

San Diego. - Per questa città, ignorando il passato, si aveva l'impressione che non esistesse rischio sismico. Le vecchie strutture furono elevate senza badare molto alla solidità. Durante e dopo la seconda guerra mondiale la popolazione è aumentata enormemente e la città è cresciuta con un ritmo appena compatibile con costruzione e sorveglianza accurate. Per fortuna una grande parte dell'espansione è avvenuta al di fuori dell'area classificata di grado superiore al VII.

San Francisco. - Secondo KRYNINE e JUDD, la città di San Francisco è edificata, per la maggior parte,

su materiali della formazioni « Franciscan » (arenarie e shales alquanto metamorfosati con intrusioni di rocce ignee) ⁽⁴⁾. Il centro è situato sopra o molto vicino alle vecchie insenature, poi riempite dai materiali d'erosione, e parte è costruito su aree guadagnate con le colmate della Baia di San Francisco. Pali e « caissons » sostengono gli alti edifici.

Per S. Francisco e, più precisamente, per il quartiere Golden Gate segnaliamo le recenti note di M. J. HERMAN, W. W. MOORE, S. E. TEIXEIRA e D. GILLIS che richiamano anche il problema sismico, quello dei piuttosto difficili terreni di fondazione ed il modo come tali problemi sono risolti ⁽⁵⁾.

Dal punto di vista di carta sismica in grande scala, RICHTER nota che San Francisco nel 1906 presentò esempi classici dell'influenza del tipo di terreno sulla intensità sismica. Benchè i danni sismici siano stati in parte offuscati dagli incendi che seguirono, fu riconosciuto che una forte scossa, corrispondente ad un'intensità IX, si verificò soprattutto nella zona delle colmate della Baia che comprende le parti più basse del Market Street nel centro commerciale. Altre piccole chiazze isolate di colmate e d'alluvium subirono ugualmente danni d'intensità IX, mentre molte residenze sulle colline contigue rimasero quasi indenni.

I dintorni di San Francisco presentano una situazione complicata agli effetti della microregionalizzazione. Le influenze del terreno non possono assumersi come criterio quasi esclusivo come invece nella maggior parte dell'area di Los Angeles; il livello generale di classifica deve essere tenuto alto in vista della vicinanza alla faglia di San Andrea, che passa proprio per i limiti della città a circa 8 miglia dal centro commerciale. Il terreno varia dal Mesozoico, relativamente solido, delle colline ai materiali caratterizzati dall'estrema instabilità costituiti dai suddetti riporti con aree che vengono coperte dalle mareggiate, aree paludose adiacenti alla Baia di San Francisco e dune di sabbia sulla costa.

20 luglio 1964

Francesco Penta

⁽⁴⁾ Sempre più o meno cataclasizzate (n.d.r.).

⁽⁵⁾ « Civil Engineering », 34, n. 1, pp. 31-39, 1964.